

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 09318329 A

(43) Date of publication of application: 12.12.97

(51) Int. Cl

G01B 11/24

G01B 9/02

(21) Application number: 08138043

(71) Applicant: TOKYO SEIMITSU CO LTD

(22) Date of filing: 31.05.96

(72) Inventor: IWAMOTO YOJIRO

(54) METHOD AND APPARATUS FOR MEASURING
NON-CONTACT SURFACE SHAPE

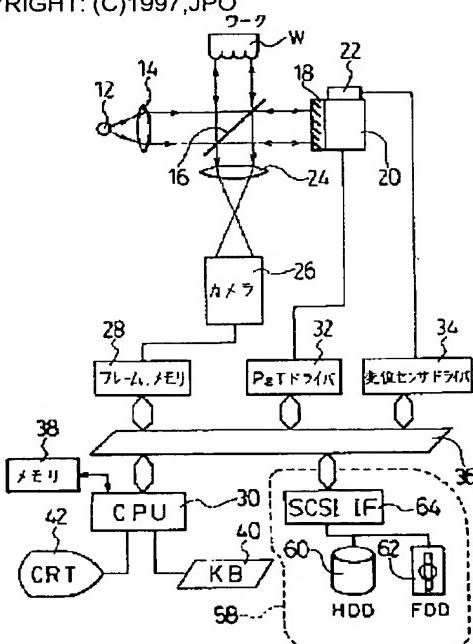
(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enable fast and highly accurate measurement by simplifying processing contents of an interference fringe intensity data to be obtained according to changes in the distance to a surface to be measured when measuring the shape of the surface to be measured by utilizing a white light interferometer.

SOLUTION: Light emitted from a white light lamp 12 is divided by a halfmirror 16 and one part thereof is irradiated to work while the other part thereof to a reference mirror 18. The reflected light (measuring light) from the work W is made to overlap reflected light (reference light from the reference mirror 18 by a halfmirror 16 to generate an interference fringe corresponding to the difference of an optical path. The reference mirror 18 is displaced by an electrostrictive element 20 at a specified pitch and to photograph the interference fringe obtained. A variation of the intensity of the reference fringe at each measuring position is determined as differential value for a point (x, y) within the work W. A peak position at which the differential value reaches the maximum is determined by a weighted mean from a differential value data of the

discrete interference fringe intensity and made to correspond the height of the point (x, y) in the direction Z thereof.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-318329

(43)公開日 平成9年(1997)12月12日

(51)Int.Cl.⁶
G 0 1 B 11/24
9/02

識別記号 庁内整理番号

F I
G 0 1 B 11/24
9/02

技術表示箇所
D

審査請求 未請求 請求項の数9 O.L (全9頁)

(21)出願番号 特願平8-138043

(22)出願日 平成8年(1996)5月31日

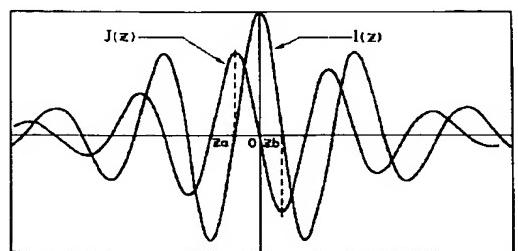
(71)出願人 000151494
株式会社東京精密
東京都三鷹市下連雀9丁目7番1号
(72)発明者 岩本 洋次郎
東京都三鷹市下連雀9丁目7番1号 株式
会社東京精密内
(74)代理人 弁理士 松浦 審三

(54)【発明の名称】 非接触表面形状測定方法及び装置

(57)【要約】

【課題】白色光干渉計を利用して被測定面の形状を測定する際に、被測定面までの距離の変化に応じて得られる干渉縞強度データの処理内容を簡易化し、高速高精度の測定を可能にする非接触表面形状測定方法及び装置を提供する。

【解決手段】白色光ランプ12から出射された光をハーフミラー16で分割し、一方をワークWに、他方を参照鏡18に照射する。ワークWからの反射光(測定光)と参照鏡18からの反射光(参照光)とはハーフミラー16によって重畠され、光路長差に応じた干渉縞が発生する。参照鏡18を電歪素子20によって所定のピッチで変位させ、得られた干渉縞をカメラ26で撮像する。ワークW内の点(x,y)について各測定位置における干渉縞強度の変化量を差分値として求め、この離散的な干渉縞強度の差分値データから差分値が最大となるピーク位置を加重平均により求め、点(x,y)のZ方向の高さに対応付ける。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 スペクトル幅の広い光源を使用し、前記光源から被測定対象面までの第1の光路長と、前記光源から参照面までの第2の光路長との光路長差に応じて干渉縞を発生させ、前記干渉縞の強度に基づいて被測定対象面の凹凸形状を測定する非接触表面形状測定方法において、
前記被測定対象面又は前記参照面を光軸方向に所定の距離だけ変位させる第1の工程と、
前記第1の工程により移動した前記被測定対象面又は参照面の位置を前記被測定対象面の高さ方向の検査位置として検出する第2の工程と、
前記第1の工程によって形成された光学配置により発生する干渉縞を撮像する第3の工程と、
前記第3の工程で得られた干渉縞の画像データを基に、前記被測定対象面内の各点毎に干渉縞強度を検出する第4の工程と、
前記被測定対象面内の各点について、前記第1から第4の工程を繰り返して得られる2つの干渉縞強度から各検査位置毎に干渉縞強度の差分値を求める第5の工程と、第5の工程で求めた各検査位置毎の差分値データから、差分値の絶対値を重みとする加重平均を算出し、差分値の絶対値が最大となるピーク位置を求める第6の工程と、
第6の工程で求めたピーク位置に基づいて、被測定対象面の形状を測定する第7の工程と、
からなることを特徴とする非接触表面形状測定方法。

【請求項2】 前記第6の工程は、第5の工程で求めた検査位置毎の差分値の絶対値に検査位置を示す値を乗算した値を、前記第1の工程から第5の工程を繰り返す過程で加算し、その加算総和値を記憶する第8の工程と、第5の工程で求めた検査位置毎の差分値の絶対値を、前記第1の工程から第5の工程を繰り返す過程で加算し、その加算総和値を記憶する第9の工程と、を含み、前記第8の工程で記憶した第1の加算総和値を前記第9の工程で記憶した第2の加算総和値で除算した値を差分値の絶対値が最大となるピーク位置として求めることを特徴とする請求項1記載の非接触表面形状測定方法。

【請求項3】 前記第6の工程は、第1から第5の工程を繰り返して得られた差分値データの全データについて加重平均を算出することを特徴とする請求項1記載の非接触表面形状測定方法。

【請求項4】 前記第6の工程は、第1から第5の工程を繰り返して得られた差分値データのうち、差分値が正の値のデータについて加重平均を算出することを特徴とする請求項1記載の非接触表面形状測定方法。

【請求項5】 前記第6の工程は、第1から第5の工程を繰り返して得られた差分値データのうち、差分値が負の値のデータについて加重平均を算出することを特徴とする請求項1記載の非接触表面形状測定方法。

【請求項6】 前記所定の距離は、光源の中心波長の8分の1に設定されることを特徴とする請求項1記載の非接触表面形状測定方法。

【請求項7】 スペクトル幅の広い光源と、前記光源から被測定対象面までの第1の光路長と、前記光源から参照面までの第2の光路長との光路長差に応じて干渉縞を発生させる干渉計と、前記干渉縞を撮像する撮像手段と、前記被測定対象面又は前記参照面を光軸方向に所定の距離だけ変位させる移動手段と、前記移動手段によって変位した前記被測定対象面又は参照面の位置を前記被測定対象面の高さ方向の検査位置として検出する位置検出手段と、前記撮像手段によって得られた干渉縞の画像データを基に、被測定対象面内の各点毎に干渉縞強度を検出し、位相の異なる二つの干渉縞画像データから前記干渉縞強度の差分値を算出する第1の演算手段と、第1の演算手段で求めた各検査位置毎の差分値データから、差分値の絶対値を重みとする加重平均を算出し、該算出値によって差分値の絶対値が最大となるピーク位置を求める第2の演算手段と、第2の演算手段で求めたピーク位置に基づいて、被測定対象面の形状を測定する第3の演算手段と、を備えたことを特徴とする非接触表面形状測定装置。

【請求項8】 前記第2の演算手段は、第1の演算手段で求めた検査位置毎の差分値の絶対値に検査位置を示す値を乗算した値を加算し、その加算総和値を記憶する第1の記憶手段と、第1の演算手段で求めた検査位置毎の差分値の絶対値を加算し、その加算総和値を記憶する第2の記憶手段とを有し、第1の記憶手段に記憶した第1の加算総和値を第2の記憶手段に記憶した第2の加算総和値で除算した値を差分値の絶対値が最大となるピーク位置として求めることを特徴とする請求項7記載の非接触表面形状測定装置。

【請求項9】 前記第1乃至第3の演算手段は、一つの演算処理装置に兼備されていることを特徴とする請求項7記載の非接触表面形状測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は非接触表面形状測定方法及び装置に係り、特に白色光干渉計を利用して測定対象物の表面形状を高速高精度に測定する非接触表面形状測定方法及び装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 光の干渉を用いて対象物の微細形状を観察する方法は従来から広く知られており、中でも干渉計と顕微鏡を組み合わせた干渉顕微鏡は、マイケルソン型、リニック型、ミラウ型等いくつかの種類がある。そして、干渉顕微鏡をベースにして対象物表面の干渉縞のパターンを撮像し、参照面等を光軸方向に移動させながら

ら得られる画像信号に基づいて、対象物の3次元形状を測定する方法及び装置が米国特許5, 133, 601号若しくは特公平6-1167号公報等に開示されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上記米国特許5, 133, 601号に記載の方式は、アレイ型検出器の各測定点において、位相の異なる3画面以上の干渉縞データからコヒーレンス度を算出して対象面を検出しているので、被測定対象物の高さ方向の全測定範囲についてコヒーレンス度の算出を行わなければならないという問題がある。即ち、全測定範囲について全てのデータを測定終了まで記憶しておく必要があり、膨大なデータ量となるために大容量のメモリが必要で演算処理の負荷が重く、測定の高速化が困難であるという問題があった。

【0004】一方、特公平6-1167号公報に記載の方式は、干渉縞の最大輝度を検出することにより対象面を検出しているため、アレイ型検出器の各測定点において、干渉縞が最大輝度をとる瞬間を捉える必要がある。また、上記方法では、最大振幅位置を測定点より算出しているので算出誤差が測定ピッチ程度に大きく、測定精度が悪いという欠点もある。このため、かかる最大輝度の瞬間を見逃さないように、光路長変化(測定ピッチ)を微小とする必要があり、結果的に測定時間が長くなるという問題がある。

【0005】本発明は、このような事情に鑑みてなされたもので、測定に関するデータ処理内容を簡易化することにより、被測定対象面を高速高精度に測定することができる非接触表面形状測定方法及び装置を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決する為の手段】本発明は、前記目的を達成するために、スペクトル幅の広い光源と、前記光源から被測定対象面までの第1の光路長と、前記光源から参照面までの第2の光路長との光路長差に応じて干渉縞を発生させる干渉計と、前記干渉縞を撮像する撮像手段と、前記被測定対象面又は前記参照面を光軸方向に所定の距離だけ変位させる移動手段と、前記移動手段によって変位した前記被測定対象面又は参照面の位置を前記被測定対象面の高さ方向の検査位置として検出する位置検出手段と、前記撮像手段によって得られた干渉縞の画像データを基に、被測定対象面内の各点毎に干渉縞強度を検出し、位相の異なる二つの干渉縞画像データから前記干渉縞強度の差分値を算出する第1の演算手段と、第1の演算手段で求めた各検査位置毎の差分値データから、差分値の絶対値を重みとする加重平均を算出し、該算出値によって差分値の絶対値が最大となるピーク位置を求める第2の演算手段と、第2の演算手段で求めたピーク位置に基づいて、被測定対象面の形状を測定する第3の演算

手段と、を備えたことを特徴としている。

【0007】本発明によれば、白色光源などスペクトル幅の広い光源を用いた干渉計において、被測定対象面又は参照面を移動手段で所定の距離だけ変位させると、光源から被測定対象面までの第1の光路長と光源から参照面までの第2の光路長との間に光路長差が生じ、この光路長差に応じた干渉縞が発生する。このとき、前記被測定対象面又は参照面の位置を検出し、その位置を前記被測定対象面の高さ方向の検査位置に対応付けるとともに、形成された光学配置により発生する干渉縞を撮像する。そして、得られた干渉縞の画像データを基に、被測定対象面内の各点毎に干渉縞強度を検出する。その後、被測定対象面又は参照面を所定の距離だけ変位させて検査位置を変更し、位相の異なる干渉縞の画像データを得る。こうして得られた2つの干渉縞の画像データを基に、被測定対象面内の各点について干渉縞強度の変化量に相当する差分値を求める。前記移動手段で検査位置を変更する毎に同様の処理を繰り返し、各検査位置毎の差分値データを取得する。各検査位置毎の差分値データから、差分値の絶対値が最大となるピーク位置を推定するに際して、統計的手法である加重平均を利用する。即ち、各検査位置に差分値の絶対値を「重み」として乗算し、その重み付き位置の総和を重み(差分値の絶対値)の総和で除算する。このようして得られたピーク位置を被測定対象面の凹凸方向の高さ位置に対応付け、被測定対象面の形状を測定するようにしている。

【0008】このように、測定に関するデータ処理について、干渉縞強度自体を取り扱うのではなく、2つの干渉縞強度の差分値を取り扱うようにしたので、データ処理を簡略化することができる。また、差分値の絶対値が最大値となる位置を推定するに際して、加重平均を算出するようにしたので記憶すべきデータ量も少なく、計算処理時間も短縮される。また、算出されたピーク位置について算出誤差も小さいという利点がある。したがって、本発明によれば、必要とされるメモリの容量を小さくすることが出来るとともに、被測定対象面を高速、高精度に測定することができる。

【0009】また、各検査位置毎の差分値データから、差分値の絶対値が最大となる前記被測定対象面又は参照面の位置を推定するに際して、差分値データの全データについて加重平均を算出してもよいし、差分値が正の値のものだけ、又は差分値が負の値のものだけについて加重平均を算出してもよい。

【0010】

【発明の実施の形態】以下、添付図面に従って本発明に係る非接触表面形状測定方法及び装置の好ましい実施の形態について詳説する。図1には、本発明が適用された非接触表面形状測定装置の構成が示されている。この非接触表面形状測定装置は、主として白色光ランプ12、コリメートレンズ14、ハーフミラー16、参照鏡1

8、電歪素子（PzT）20、変位センサ22、結像レンズ24、白黒固体撮像カメラ26、フレームメモリ28、中央処理演算装置（CPU）30等から構成される。尚、同図ではトワイマン・グリーン型干渉計を例に説明するが、リニック型、ミラウ型干渉計等でもよい。

【0011】白色光ランプ12から出射された光は、コリメートレンズ14により平行光にされ、ハーフミラー16によって2つの方向に分割される。即ち、ハーフミラー16で図中上方に反射された光は、測定の対象となるワークWに照射され、他方、ハーフミラー16を透過して直進した光は参照鏡18に照射される。ワークWは図示しないステージ台に載置されており、ステージ台は所定の位置に固定されている。ワークWに照射された光（測定光）は、ワークWの表面で反射され、照射光路を逆に辿って再びハーフミラー16に入射する。この測定光は、ハーフミラー16を図中下方向に直進し、結像レンズ24を経てカメラ26に達する。他方、参照鏡18に向けて進行した光（参照光）は、参照鏡18で反射され、照射光路を逆に辿って再びハーフミラー16に入射する。この参照光は、ハーフミラー16によって図中下方向に向けられ、結像レンズ24を経てカメラ26に達する。

【0012】カメラ26は、前記測定光と参照光の二つの光の光学距離の差（光路長差）に応じて観察される干渉縞を撮像すると共に、該干渉縞画像を所定の電気信号に変換してフレームメモリ28に出力する。フレームメモリ28は、前記干渉縞画像を前記参照鏡18の位置又は変位量を変数として記録する。参照鏡18は、光軸方向（図中左右方向）に移動自在に支持され、前記所定の位置に固定されたワークWに対して測定光と参照光との間に光路長差を形成できるようになっている。参照鏡18を変位させる手段として、電歪素子20が用いられている。この電歪素子20はPzTドライバ32からの駆動信号に基づいて駆動され、参照鏡18を光軸方向に変位させることができる。ワークWの表面形状を測定する際には、参照鏡18を所定のサンプリングピッチ（所定の距離）ずつ変位させ、測定終了後又は測定を行っていない間は参照鏡18を任意に変位させることができる。

【0013】また、電歪素子20には、変位センサ22が設けられている。変位センサ22は変位センサドライバ34からの信号に基づいて駆動され、該変位センサ22によって参照鏡18の変位量を測定し、参照鏡18の位置を検出するようになっている。前記フレームメモリ28、PzTドライバ32及び変位センサドライバ34は、バス36を介して中央演算処理装置（CPU）30に接続されており、それぞれCPU30によって制御されるとともに、必要なデータをCPU30に通知するように構成されている。また、CPU30には、各種データを記憶する書き換え／読み出し可能なメモリ38が接続されている。

【0014】CPU30は、バス36を介して前記フレームメモリ28、PzTドライバ32及び変位センサドライバ34を制御するとともに、フレームメモリ28を介して入力する干渉縞データを処理してワークWの表面形状を測定する。このデータ処理については後述する。また、CPU30には、キーボード40、モニタTV42及び記録装置58が接続されており、操作者はモニタTV42の表示を見ながら、キーボード40を介して各種入力を行うことができるとともに、モニタTV42にワークWの表面形状測定結果等を表示させることができる。

【0015】記録装置58は、ハードディスクドライブ60及びフロッピディスクドライブ62を含み、シリアルインタフェース64及びバス36を介してCPU30と接続されており、測定したワークWの表面形状の測定データ等を保存することができるようになっている。次に、図1に示した非接触表面形状測定装置の測定原理について説明する。

【0016】図2は図1の干渉計部分の拡大図である。ハーフミラー16と参照鏡18との間の距離をLR、ハーフミラー16とワークWとの間の距離をLWとするとき、この場合の参照光と測定光の光路長差（OPD: optical path difference）は、次式（1）、

【0017】

$$[数1] OPD = 2 \times (LR - LW) \quad \cdots (1)$$

で表される。前記OPDは、参照鏡18を光軸方向に変位させることにより変化させることができるので、参照鏡18の移動方向をZ方向として、OPDに対応する変数を参照鏡18の位置Zで表すことにする。このとき、参照鏡18の変位量が△zのとき、OPDは2△zとなる。

【0018】ここで、OPD (=Z) をゼロ付近、即ちコモンパス付近で連続的に変化させた場合、カメラ上の1点（被測定対象面内の1点(x,y)に相当）で観察される干渉縞の強度I(Z)は、図3に示すI(Z)のようなグラフになる。また、前記I(Z)の変化を示す微分は、同図J(Z)のようなグラフになる。本測定装置は、ある測定範囲にわたってZ位置を所定の間隔（サンプリングピッチという）で変化させることによって得られる各測定位置（検査位置）における離散的な干渉縞強度のデータから、微分値が最大となる位置（ピーク位置）を加重平均という統計的手法を利用して推定し、この推定したピーク位置に基づいてワークWの表面形状を測定するものである。

【0019】以下、離散的に取得されたデータからJ(Z)の最大値を与えるZ値、即ちZaを簡易に検出する方法を説明する。参照鏡18のZ方向の位置は、電歪素子20によって一定のサンプリングピッチで離散的に変化させることができ、各Z位置に応じて発生する干渉縞はカメラ26で撮影される。こうして得られた画像デ

ータから画面内の点P (x,y)に着目し、点P (x,y)における干渉縞強度を観察する。

【0020】検査位置Z_iにおける点Pの干渉縞強度をI (Z_i)と表示すると、隣合う二つの検査位置Z_i, Z_{i-1}でのそれぞれの干渉縞強度I (Z_i), I (Z_{i-1})を用いて、差分値J (Z_i)を次式(2)、

【0021】

【数2】 J (Z_i) = I (Z_i) - I (Z_{i-1}) … (2)

但し、

Z_i - Z_{i-1} = 定数C : Cは参照鏡18を移動させる一定間隔距離

0 < Z_i - Z_{i-1} ≤ λ / 6 : λは光源の中心波長で算出する。この差分値は、図3に示した干渉縞強度I (Z) の傾きに相当している。なお、白色光ランプ12の中心波長は、例えば、544 nmである。

【0022】図4には、サンプリングピッチを70 nmに設定した場合の、差分値のデータが示されている。同図の横軸は、コモンバスをZ=0として示され、-2000 nmから+2000 nmまでの範囲について70 nm毎に干渉縞強度の差分を示している。同図の縦軸は、差分値を0から256までの値でデジタル的に表示している。

【0023】当該非接触表面測定装置は白色干渉計を利用していることから、干渉縞の変化が観察される可干渉領域が狭く、コモンバスから±1000 nm以上離れた位置では、干渉強度の変化が極端に小さくなっている。

なお、同図に示した差分値の全体的な分布は、図3に示*

$$B(N) = Z_1 \times E_1 + Z_2 \times E_2 + Z_3 \times E_3 + \cdots + Z_N \times E_N \quad \dots (5)$$

によって総和Bが算出され、測定位置Z_nからZ_{n+1}に変更されるに従って、総和Bは、次式(6)、

【0027】

【数6】 B (N+1) = B (N) + Z_{n+1} × E_{N+1} … (6)
と変更され、メモリ38に記憶される総和Bの値が順次更新されていく。図6には、(干渉縞強度の傾きの大きさ) ×位置により算出した値のグラフが示されている。同図には、Z位置をコモンバスZ=0を基準(中心)として正の値と負の値で表示しているが、これに限らず、同図に示した右端の正の値(測定範囲の最大値)を基準にすれば、測定範囲内のZ位置は全て負の値で表すことができ、また、同図に示した左端の負の値(測定範囲の最小値)を基準にすれば、測定範囲内のZ位置は全て正の値として表すことができる。

【0028】このように、差分値の大きさを「重み」とする重み付き位置Z₁ × E₁, Z₂ × E₂, Z₃ × E₃…を測定位置毎に順次加算してゆき、干渉縞強度の差分値(傾き)の総和Bをメモリ38に記憶する。そして、測定範囲内のピッチ送りが終了した後、メモリ38に記憶されている総和Bを総和Aで除算することにより、干渉縞強度の差分値が最大となるピーク位置を求める。こうして求めたピーク位置を、測定点P (x,y)のZ高さに

*した微分曲線J (Z) によく合致している。図4に示した差分値データから、差分値が最大となる位置(ピーク位置)を推定するに際し、各検査位置における差分値の絶対値を「重み」として加重平均を求める。即ち、まず、各差分値を絶対値化し、差分値の絶対値を示す値に変換する。そして、各測定位置Z_i(i=1,2,3…N)毎に、干渉縞強度の差分値(傾き)の絶対値E_i(i=1,2,3…N)を測定位置毎に順次加算してゆき、干渉縞強度の差分値(傾き)の総和Aをメモリ38に記憶する。即ち、次式(3)、

【0024】

【数3】

$$A(N) = E_1 + E_2 + E_3 + \cdots + E_N \quad \dots (3)$$

によって総和Aが算出され、測定位置Z_nからZ_{n+1}に変更されるに従って、総和Aは、次式(4)、

【0025】

$$【数4】 A (N+1) = A (N) + E_{N+1} \quad \dots (4)$$

と変更され、メモリ38に記憶される総和Aの値が順次更新されていく。図5には、各差分値を絶対値化したグラフが示されている。なお、図中実線は正の差分値の絶対値、点線の負の差分値の絶対値を示す。各測定位置Z_i(i=1,2,3…N)に、それぞれ干渉縞強度の傾きの絶対値E_i(i=1,2,3…N)を乗算し、その総和Bを総和Aとともにメモリ38に記憶する。即ち、次式(5)、

【0026】

【数5】

$$B(N) = Z_1 \times E_1 + Z_2 \times E_2 + Z_3 \times E_3 + \cdots + Z_N \times E_N \quad \dots (5)$$

対応する。テレビカメラで撮影された干渉縞画像の全ての点について同時にZ高さを求めるこによって、ワークWの表面形状を測定できる。

【0029】上記の如く構成された非接触表面形状測定装置の測定手順について、図7に示すフローチャートを参照しながら説明する。先ず、測定開始に先立って測定装置を初期化する(ステップS701、以下ステップ番号のみを表示する)。即ち、干渉縞データを記憶するフレームメモリ28及びメモリ38をクリアするとともに、PzT20を駆動してZ位置を検査開始位置(初期位置)にセットする。また、適正なサンプリングピッチを選択して設定する。サンプリングピッチは、光源の中心波長λの8分の1程度(λ/8 ≈ 68 nm)にするのが好ましい。

【0030】次いで、参照鏡18が初期位置Z0に位置する光学配置の下で発生する干渉縞をカメラ26で撮像し、カメラ26で撮影された画面内の測定点(x,y)について干渉縞強度I (Z0)を検出する(S702)。検出した全測定点の干渉縞強度データはメモリ38の第1の記憶領域に記憶される。続いて、参照鏡18をZ方向に68 nmだけ移動し、検査位置をZ1に変更する(S703)。参照鏡18が検査位置Z1に位置する光学配

置の下で発生する干渉縞をカメラ26で撮像し、カメラで撮影された画面内の各測定点(x,y)について干渉縞強度I(Z1)を検出する(S704)。

【0031】そして、この干渉縞強度I(Z1)と、先にメモリ38に記憶したI(Z0)とから、次式(7)

【0032】

【数7】

$$J(Z_i) = I(Z_i) - I(Z_{i-1}) \dots (7)$$

但し、 $i=1,2,3 \dots$

に従って干渉縞強度の差分値J(Zi)を算出し、その絶対値を求める(S705)。

【0033】そして、これまでの全検査位置における各干渉縞強度の差分値の絶対値の総和Aをメモリ38内の第2の記憶領域に記憶する(S706)。検査位置Z1にあっては、他の検査位置のデータは取得されていないので、式(7)で求めたJ(Z1)の絶対値が記憶される。また、式(7)によって算出されるJ(Zi)の絶対値に検査位置 Zi を乗算した値をこれまでの全検査位置について加算した総和Bをメモリ38の第3の記憶領域に記憶する(S707)。検査位置Z1においては、他の検査位置のデータは取得されていないので、式

(7)で求めたJ(Z1)の絶対値にZ1が乗算された値がメモリ38の第3の記憶領域に記憶される。

【0034】そして、メモリ38の第1の記憶領域に記憶された検査位置Z0に関する干渉縞データは消去され、検査位置Z1における干渉縞データに書き換える。このように、メモリ38の第1の記憶領域には、最後に検査されたZ位置における干渉縞データが記憶されるようになっている。S708において、変位センサ22が全検査範囲の測定の終了位置を検出したか否かが判断され、最終測定位置が検出されなければ、処理はS703に戻り、上記S703からS708までの工程が複数回繰り返される。即ち、検査位置を1ピッチ分(68nm)移動させ、検査位置Ziの光学配置の下で発生する干渉縞を撮像する。そして、各点(x,y)毎に干渉縞強度の差分値J(Zi)を算出し、その絶対値を求める。次いで、その絶対値を、メモリ38の第2の記憶領域に記憶していたこれまでの全検査位置における総和Aに加算し、その加算結果を新たな総和値Aとして第2の記憶領域に記憶しなおす。

【0035】また、干渉縞強度の差分値J(Zi)の絶対値に検査位置 Zi を乗算した値を求め、その求めた値をメモリ38の第3の記憶領域に記憶しているこれまでの全検査位置分の総和Bに加算する。そして、この加算結果を新たな総和値Bとして第3の記憶領域に記憶しなおす。そして、S708において、変位センサ22が最終測定位置を検出したら、測定を終了し、メモリ38の第2、第3の記憶領域に記憶されている総和Aと総和Bに基づいて、差分値が最大となるピーク位置<z>を次式(8)、

【0036】

【数8】 $\langle z \rangle = B / A \dots (8)$

によって求める(S709)。こうして求めたピーク位置<z>を、測定点(x,y)のZ高さに対応付ける。カメラ26で撮影された測定エリア内全ての点(x,y)について、Z高さを同時に算出し、ワークWの三次元形状を把握することができる(S710)。

【0037】このように、本実施の形態では、離散的な差分値データから、差分値のピーク位置を推定するに際して加重平均を利用し、差分値の大きさの総和Aや、検査位置Zを重みとする重み付け差分値の総和Bのみのデータを保存し、処理するようにしたので、計算負担が小さくなり、処理時間を短縮できる。また、必要とされるメモリの容量も小さいという利点がある。

【0038】更に、本実施の形態の加重平均による差分値のピーク位置の算出誤差は、ピッチ幅の1/5程度(14nm)であることが実験的に確認されている。従来の装置ではピッチ幅程度(68nm)の算出誤差が生じていたことから、測定精度の点からも有利な効果を奏している。上記実施の形態では、各検査位置毎の差分値データから、差分値の大きさが最大となる前記被測定対象面又は参照面の位置を推定するに際して、差分値データの全データについて加重平均を算出する場合について説明したが、図4に示した差分値のデータのうち差分値が正の値のものだけについて、加重平均を算出してもよい。この場合、差分値が負の値になったZ位置については無視され、統計的な処理の標本となるデータの数は少なくなるが、差分値のピーク位置の算出誤差は比較的小さいことが確かめられている。

【0039】同様に、図4に示した差分値のデータのうち差分値が正の値のものは無視し、差分値が負の値のものだけについて加重平均を算出してもよい。このように、差分値のデータのうち差分値が正の値のものだけ、又は負の値のものだけをデータ処理の対象とすることにより、計算負担が一層低減され、測定時間を更に短縮することができる。

【0040】上記実施の形態では、光源を白色光ランプ12として説明したが、これに限るものではなく、白色光源にフィルタを使用してスペクトル幅を適宜調整してもよいし、又は、白色光源に似た干渉性の悪い広いスペクトル幅を有する広域光源を用いてもよい。

【0041】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係る非接触表面形状測定方法及び装置によれば、被測定対象面又は参照面を光軸方向に所定のピッチで移動させて得られた干渉縞の離散的な差分値データから加重平均を算出して差分値のピーク位置を求めるようにしたので、記憶すべきデータ量も少なく、計算処理時間も短縮化される。従って、メモリの少量化、処理の高速化を達成でき、被測定対象面を高速高精度に測定することができる。

【0042】また、各検査位置毎の差分値データから、差分値の絶対値が最大となる前記被測定対象面又は参照面の位置を推定するに際して、差分値が正の値のものだけ、又は差分値が負の値のものだけについて加重平均を算出することにより、算出精度を著しく損なうことなく、データ処理内容を一層簡略化することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、本発明が適用された非接触表面形状測定装置の構成図

【図2】図2は、図1の干渉計部分の拡大図

【図3】図3は、カメラ上のある1点で観測される干渉縞強度及びその微分値を示すグラフ

【図4】図4は、サンプリングピッチを70nmに設定した場合の差分値のデータを示すグラフ

【図5】図5は、加算平均を算出する過程を説明するためのグラフであり、検査位置毎の各差分値を絶対値化し

たものを示すグラフ

【図6】図6は、加算平均を算出する過程を説明するためのグラフであり、(干渉縞強度の傾きの大きさ)×(位置)により算出した値を示すグラフ

【図7】図7は、本実施の形態に係る非接触表面形状測定装置の測定手順を説明するためのフローチャート

【符号の説明】

1 2 …白色光ランプ

1 6、5 2 …ハーフミラー

10 1 8 …参照鏡

2 0 …電歪素子 (P z T)

2 2 …変位センサ

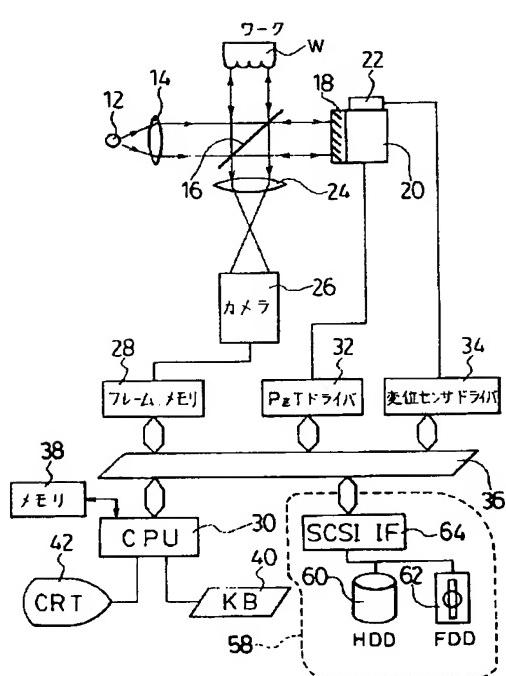
2 6 …白黒固体撮像カメラ

2 8 …フレームメモリ

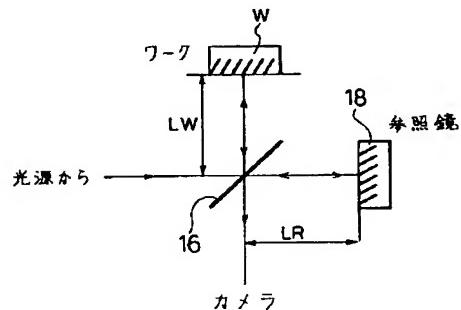
3 0 …中央演算処理装置 (CPU)

3 8 …メモリ

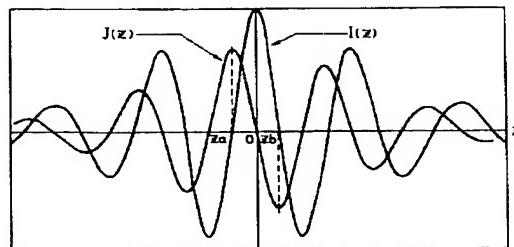
【図1】



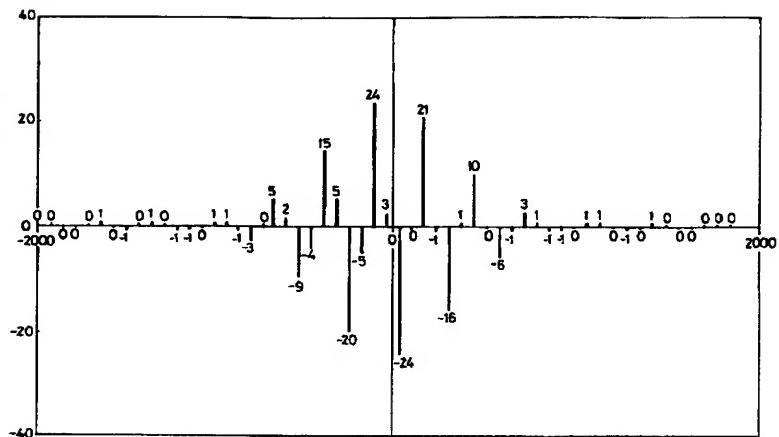
【図2】



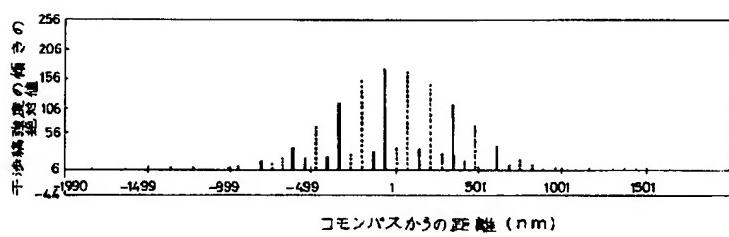
【図3】



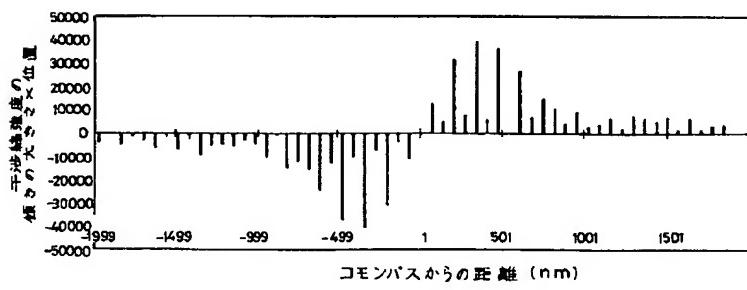
【図4】



【図5】



【図6】



【図7】

